智慧城市空间信息公共平台：城市数据价值之源

姚晓婧[1] 王 喆[2] 王大成[1] 池天河[1*] 蒋许锋[2] 何贞健[3] 滕启治[1] 陈曙光[4]
陈六嘉[1] 李 祥[1] 杨丽娜[1] 彭 玲[1] 崔绍龙[1] 柳树福[1]
1 中国科学院空天信息创新研究院 北京 100101
2 中新天津生态城管委会 天津 300467
3 福州市国土资源测绘队 福州国家国土资源大数据管理中心 福州 350007
4 特力惠信息科技股份有限公司 福州 350003

摘要 近年来，随着各类传感技术的蓬勃发展，人类实现了对城市各类数据前所未有的高频监测。多源数据的采集、汇聚、共享、管理、融合、分析、应用和服务可以有效降低城市资源能耗，提升城市管理效率，因此成为城市管理者和民众关注的核心问题。基于此，文章以中新天津生态城空间信息公共平台建设和相关应用为例，系统介绍了空间信息公共平台在智慧城市建设中的核心作用，详细阐述了其中涉及的城市数据体系以及数据汇聚、整理和治理融合方法，提出基于城市数据体系的单指标和综合指标城市脉动分析模型，总结展望了智慧城市实践过程中数据共享、分析及应用服务方面所面临的问题和未来发展方向。

关键词 智慧城市，空间信息公共平台，城市数据体系，城市脉动分析

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2019.10.019

城市作为人类生活的聚集中心，是社会经济发展到一定阶段的产物。从工业革命开始，世界各国的城市化进程开始加快。目前，我国正处在这一城镇化的浪潮中，预计到 2030 年，城镇人口将达到 10 亿。随着各类传感技术的蓬勃发展，人类实现了对城市各类数据前所未有的高频监测。如何把这些多源数据进行采集、汇聚、共享、管理、融合、分析、应用和服务，从而降低城市资源能耗，提升城市管理效率，成为城市管理者和民众关注的核心问题，并由此创造了智慧城市发展的契机。

智慧城市概念源于 20 世纪 80 年代，而自 2009 年 IBM 公司首次提出了智慧城市愿景，智慧城市理念与

*通讯作者
资助项目：国家科技支撑计划（2015BAJ02B01、2015BAJ02B03），天津市地方建设专项（Y5H0780034）
修改稿收到日期：2019年10月6日

实践模式开始在全球范围内迅速传播。以重要事件为节点，本文把智慧城市建设划分为3个阶段[1]。

（1）准备阶段：从1998年时任美国副总统戈尔首次提出“数字地球”概念起，到2006年我国国家测绘局启动“数字城市”地理空间框架建设。在这段时期内，各国陆续启动数字城市建设，这一阶段主要任务为搭建智慧化基础设施，强调技术上的数据汇聚和现实世界的可视化，包括物联网、云计算中心建设等。

（2）起步阶段：2006—2010年，全球许多城市启动“智慧城市”升级。智慧城市概念初步形成，美国、欧盟、日本、韩国和中国等纷纷推出本国的物联网、云计算相关发展战略。例如，日本推出“智慧日本：I-Japan战略”，旨在实现以人为本的“安心且充满活力的数字化社会”。该阶段物联网、云计算等新技术开始高度渗透，但在理论和实践中仍然强调技术上的数据互联互通，弱化了人的参与程度。

（3）发展阶段：2010年至今，该阶段强调人的重要性，人作为信息的载体与主体，开始融入智慧城市建设的闭环里。基于这一原则，不少城市开展了卓有成效的应用示范。例如，中新天津生态城作为中国和新加坡两国的战略合作项目，持续致力于提升城市公众参与度和服务水平，重点在民生、经济、环境三大领域开展66类智慧城市项目。

1 我国智慧城市建设背景

2010年至今，我国智慧城市建设的大幕逐渐拉开，上海、深圳、武汉等城市率先搭建了信息高速公路等基础设施[2]；2012年，住房和城乡建设部启动国家智慧城市试点工作[3]，截至2015年，共有500多个城市被列为试点；2014年，《国家新型城镇化规划（2014—2020年）》将“智慧城市”上升为国家战略[4]；2014年8月，国家发展和改革委员会等8部门联合出台了《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》，强调智慧城市建设要突出为民、便民、惠民[5]；2015年，国务院发布《促进大数据发展行动纲要》，极力推进信息融合与互联互通，建设政府智慧大数据平台[6]；2016年，习近平总书记在全国网信工作会议上，首次提出新型智慧城市的概念，旨在建设“以人民为中心，实现民生服务便捷、社会治理精准、社会经济绿色、城乡发展一体、网络安全可控”的智慧城市。如今，云服务、大数据、物联网等技术的快速迭代，催生了数量众多的商业应用和创新，而智慧城市建设经过短暂的爆发，也进入到理性探索阶段。

中新天津生态城坐落于天津滨海新区，距天津市中心40公里，核心城区占地30平方公里。作为中国和新加坡两国政府合作开发的第一个世界级的生态城市，从2008年起，中新天津生态城便以《智能城市规划》为起点，奠定了中新两国智慧城市建设的合作基础。中国科学院空天信息创新研究院一部自2011年开始承担的“中新天津生态城空间信息公共平台”以及基于此的脉动分析建设，正是其中的样板工程之一。该工程承担着生态城80%委办局的数据汇聚重组、信息共享分发的重任，能够让政府、企业、居民便捷使用生态城的信息资源。

经过20年的团队实践，我们认为在城市及其信息化发展的不同阶段，智慧城市的内涵和外延也有不同。但有一点可以确定：智慧城市建设要以公共平台为核心、应用为导向、数据为驱动[7]。智慧城市建设的本质，是让新技术、新装备、新设备和新应用犹如空气和阳光一样融入人们日常的方方面面，润物细无声地提高人们生产生活的质量。

2 空间信息公共平台的内容及应用

2.1 空间信息公共平台在智慧城市建设中的作用

智慧城市建设是个复杂的巨系统工程，需集成物联网、人工智能、虚拟现实等多类技术进行协同创新，落脚要具体、聚焦才能体现成效。麦肯锡全球研

究院 2018 年发布的智慧城市研究报告中指出：城市的智慧源头在于数据，智慧应用能够在健康、时间、安全、环境等方面带来生活质量指标 10%—30% 的提高[8]。作为衔接数据和应用的关键环节，智慧城市空间信息公共平台起到不可替代的作用，其总体框架见图 1。

空间信息公共平台下接感知层，其犹如城市的神经末梢。通过航天遥感（天）、航空遥感（空）、地面传感（地）一体化对地观测手段，空间信息公共平台连通联网和已有业务系统接口，近实时获取城市各类要素数据，如环境要素、交通要素、能源要素、规划要素、人口要素数据等。

空间信息公共平台上接应用层，为政务、企业、公众提供服务。其中，政务应用涵盖政务管理信息化及城市经营网络化，包括城市资源管理、规划管理、环境保护等；企业应用侧重为城市产业经济发展提供服务，包括企业征信、招商引资等；民生应用紧密围绕公众在衣食住行各方面的个性化需求，提供便捷、文明、安全和健康的服务。

空间信息公共平台本身由数据管理、脉动分析和服务共享三大模块构成。数据管理实现感知层数据的汇聚、空间化、存储、整理、融合等，使数据由杂乱无章状态形成具有时空架构、可集成管制的有序数据；脉动分析通过机器学习、数据挖掘、统计分析等技术手段，捕捉这些有序数据中的变化规律和异动，并以二维和三维图表、虚拟现实、动态视图等可视化方式呈现出来；服务共享则是将数据和脉动分析工具重编排、重组织之后，包装成地图或网络服务方式对外发布与交换，供各种应用层系统调用。

2.2 构建空间信息公共平台“水源”——城市数据体系

通过各类感知层接口接入，城市将产生 TB 乃至 EB 量级的数据。对于整个城市甚至跨城市来说，建立清晰的数据体系，可有效提升决策结果的精确度和可用性，也是实现空间信息公共平台价值的关键所在。

基于国家《基础地理信息要素分类与代码》[9]和国家地理信息公共服务平台相关标准，我们结合多年在天津、北京房山等地的项目实践，将城市数据划分为实体要素、经济要素和事件要素三大类（图 2）。

实体要素数据是人工要素或已被人类介入的自然要素的总和。实体要素数据通过高分辨率遥感卫星、无人机航拍、倾斜摄影等手段采集，一般以“年/季度”为周期更新。经济要素数据是在城市中具有自由行为方式、独立负责行为并获得经济利益的有机体，涉及人口、法人（企业、政府）等基本信息。经济要素数据通过采集系统填报，一般以“季度/月”为周期更新。事件要素数据是城市运行过程中，实体要素和经济要素参与下的活动数据总称，包含环境、能源、

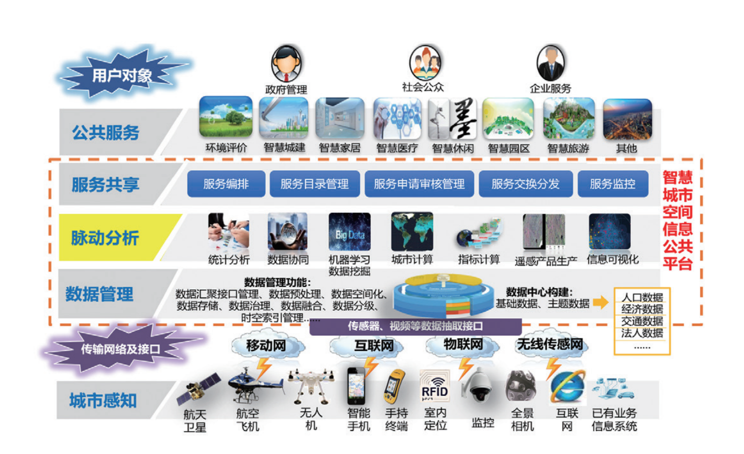


图 1　空间信息公共平台框架示意图

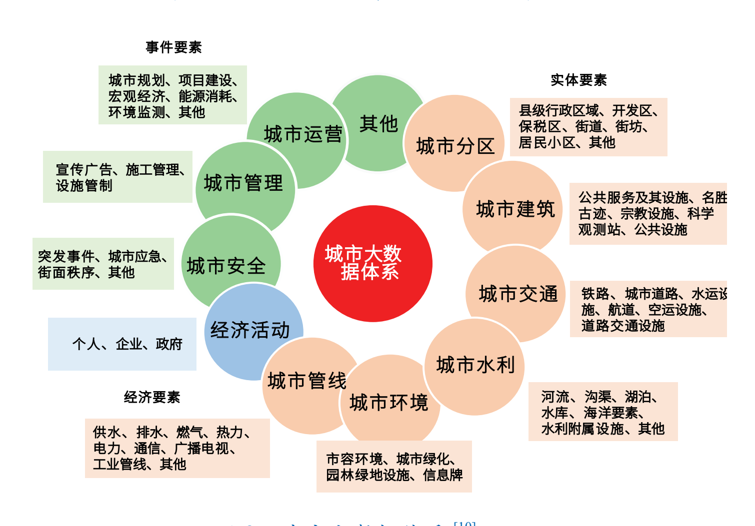


图 2　城市大数据体系[10]

城管等业务运行数据。事件要素数据通过地面物联网设备或其他采集设备实时获取或定期填报。

在空间信息公共平台建设中，截至 2019 年 7 月，我们汇聚了包括当地建设局、环境局、经济局在内共14 个部门的 64 类原始数据，并针对生态城特色构建了由基础数据库和事件要素数据库构成的数据中心（图 3）。其中，事件要素数据和基础数据库中的人口、宏观经济与法人数据（即经济要素），以空间数据（即实体要素）为框架进行挂接，构建形成一个以多尺度地理空间为依托的庞大城市信息综合体。通过空间数据仓库、空间联机分析处理、全要素地理编码技术，将这 3 类数据以不同属性（如专题、用户）维度进行多粒度划分，得到面向脉动分析的城市多维数据结构。

2.3 疏通空间信息公共平台“脉络”——城市数据的重组

城市运行产生的数据形态各异、杂乱无序，涉及

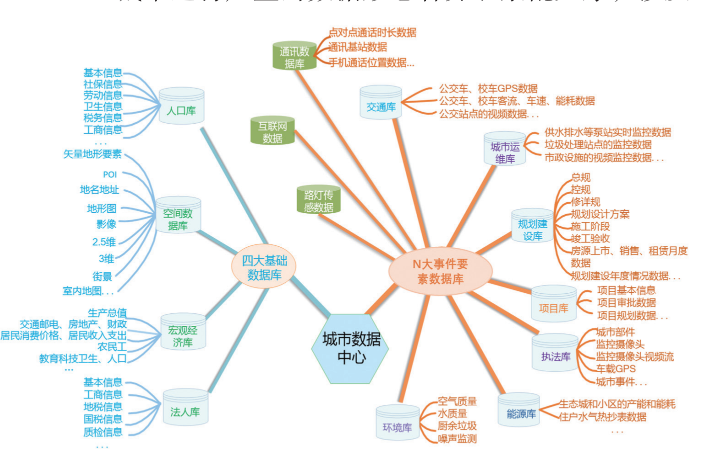


图 3　中新天津生态城城市数据中心多维数据结构



图 4　中新天津生态城公共平台数据管理三类库（截至 2019 年 8 月 7 日）

图片、视频、音频、文字，以及包含位置信息在内的各种结构化和非结构化数据类型，智慧城市空间信息公共平台中的数据管理层通过核心功能“数据汇聚、数据整理、数据治理融合”三步实现数据由源数据库到基础库再到应用一张图的有序转变（图 4）。

（1）数据汇聚。数据汇聚通过各类可灵活拓展的汇交接口，实现城市各类运行数据的近实时抽取和获取，包括系统日志采集接口、网络数据采集接口、无线数据采集接口、WebService 接口、前置机数据库镜像接口等。所得数据增加时间标签后进入汇集区，以分布式文件管理方式和分布式数据库管理方式在云上进行存储。

（2）数据整理。数据整理是将汇聚区各类数据进行统一时空基准、格式以及空间化等处理，实现数据基于统一时空框架的集成整合，有 2 个层面：① 大多数城市运行数据由已建或再建系统产生，缺乏顶层设计和统一标准，即使具备时空属性，但数据本身的格式、周期、种类、坐标系统难以做到整齐划一，因此需要利用特定技术工具（如“抽取—转换—装载”技术）对具有时空属性的数据进行空间专题图输出、格式坐标转化和清洗工作，让不同类型的数据能够在统一基准下实现空间叠加。② 部分数据尽管难以直接纳入时空数据体系，但又具备某些空间语义属性，比如结构化数据中的地名地址数据、半结构化数据中体现空间位置或实体的描述信息，以及非结构化视频或图像中和空间位置相关的场景信息等，因此需要利用语义分析方法（如全要素地理编码[18]、视频场景语义分割）进行时空上的粗粒度挂接，实现语义层次的集成。

（3）数据治理融合。数据的业务逻辑和应用逻辑不完全一致，取决于提供服务的对象。比如，汇聚区 A 部门的城市管理数据和 B 部门的规划数据，若用于给 C 部门的政府管理人员提供宏观决策依据，就必须从应用逻辑出发倒推业务数据需求，精确到某个时空尺度下的字段属性。因此，要理解数据内容本身，

建立数据字典，利用时空数据仓库，联机分析处理技术，实现空间、非空间、文档等数据自动索引以及各类数据灵活查询与展示，达到数据真正意义上的融合（图 5）。

此外，数据管理还包括空间信息公共平台监控、安全保障等功能，以及对数据在汇聚、整理和使用过程中出现的问题进行迅速捕捉和及时响应。

2.4 实现空间信息公共平台价值——城市脉动分析

城市多源数据在统一时空基准下形成一张图，如人体系统一样，交通、物流、能源流等事件要素成为城市的“循环系统”，城市道路、公共设施等实体要素成为城市的“器官”，政府、企业和个人等社会经济架构形成城市的“精气神”。就像人体的运行状态可以通过各种生理指标特征和脉搏变化曲线来反映，城市运营状态也可以通过城市的“脉搏”客观、及时地反映出来[11]。

城市脉动分析是在空间信息公共平台支撑下，基于城市数据体系，挖掘多源、动态数据的价值并进行量化预测，以辅助决策者提升城市的精细化管理水平[12]。城市脉动分析是公共平台发挥价值的落脚点，数据的即时汇聚更新是保障分析结果质量的根本——没有数据，平台便成为无源之水。城市运营平台通过调用公共平台的数据和脉动分析服务，实现城市的精细化管理和资源的有效调度。脉动分析从数据源利用上有单项指标脉动分析和综合指标脉动分析两类。

2.4.1 单项指标脉动分析

单项指标脉动分析是借助可视化手段，近实时将城市单项指标（如大气污染物浓度、公交站点上下车人员数量）的动态性、周期性、客观性进行直观表达，并结合统计或机器学习模型（如自相关移动平均模型[13]、LSTM 神经网络模型[14]），预测指标的变化趋势，捕捉指标的非正常表征，预警可能存在的异常情况，或优化现有的资源配置。单项指标脉动分析是一种数据导向思维，有用信息隐藏在单项数据的周期性律动中，能够通过空间信息公共平台实现即时表达和分析。

在空间信息公共平台上，我们实现了城市环境、交通、能源、管理、建设、房价共 6 类单项指标脉动分析（图 6）。

在城市环境脉动分析中，通过对环境数据（如空气质量、噪音、水质量、降水、植被等）进行实时或定期监测并提供脉动变化情况，能够监管城市的环境现状，分析城市环境单项指标的时空变化规律，捕捉可能发生的异常情况，预见污染发生区和潜在风险区（图 7）。

在能源脉动分析中，通过汇集能源消耗时空动态数据，对能源消耗情况进行局部或整体把握，进一步分析城市能源的布局、产生、消耗、流动、节省、供需等，从而有效节约能源，规避突发状况（图 8）。

在交通脉动分析中，通过分析公交车的客流量，有助于优化公交线路和增减公交站点，为公共交通规

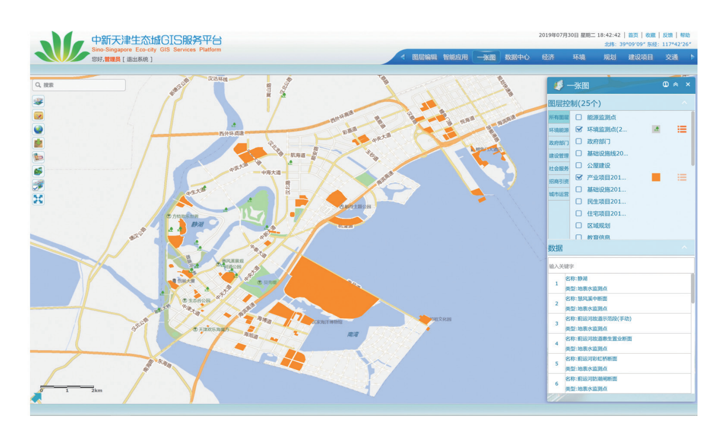


图 5　数据治理后形成一张图融合



图 6　城市单项指标脉动分析

划提供科学指导；通过监控生态城出入境车流量时空分布，量化生态城对外开放程度，改善重点项目的区域布局。

在城市管理脉动分析中，通过字符云、热力图等直观手段，近实时掌握城市案件发生的时空概率，优化城管人力和信息化资源配置，助力决策者建设更加宜居的城市[15]（图 9）。

2.4.2 综合指标脉动分析

综合指标脉动分析是单项指标脉动分析的补充和升级，强调指标的体系化、多粒度、相关性以及城市环境中的空间约束[19]。通过建立面向城市问题（如城市宜居评估、城市空气质量评估）的“体检指标”，洞悉指标与预测项（如房价、空气质量）的相互促进和抑制作用[16]，分析解释指标变化表象的深层次原因，进而更合理的预测。综合指标脉动分析强调应用导向，以问题出发倒推数据需求。



图 7　城市环境脉动

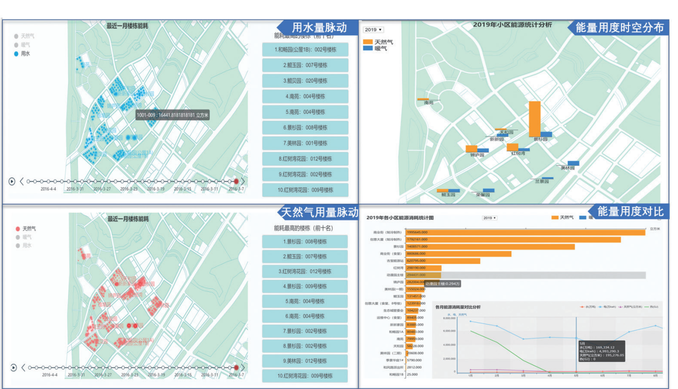


图 8　城市能源脉动

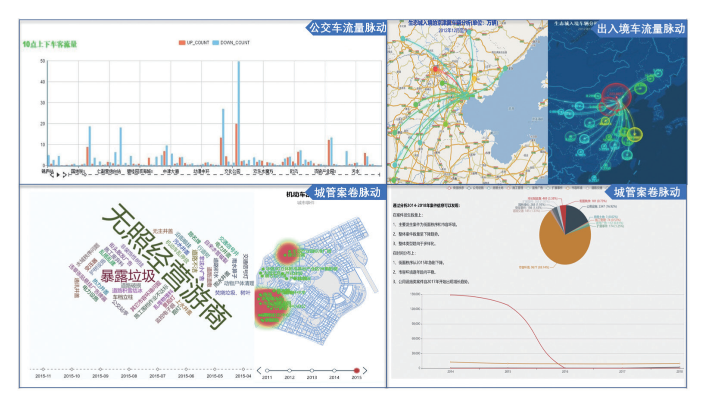


图 9　城市交通与城市管理脉动

比如，在城市大数据体系基础上，我们构建了城市微观尺度下的宜居指标体系：采用实时在线分析或定期线下更新，利用多源城市数据计算生态环境、交通出行、区域形态、公共服务、安全应急 5 类一级宜居指标下的量化指数；再利用机器学习或统计学模型，在社区/街区尺度下对城市土地的宜居程度进行评估；并建立土地价值与宜居指标间的相关性，确定不同指标的影响权重，进而对房价或标定地价进行评价预测（图 10）。

例如，在福州城区宜居评估案例中，基于福州城区的多源数据（国土数据、社会大数据、高分遥感数据等），我们计算出 18 类二级宜居指数，利用 TOPSIS 模型进行福州社区尺度的宜居评估（图 11）。评估结果在次级行政区划上对房价的解释率不低于 70%，指标量化权重和评价结果可以指导未来新建区

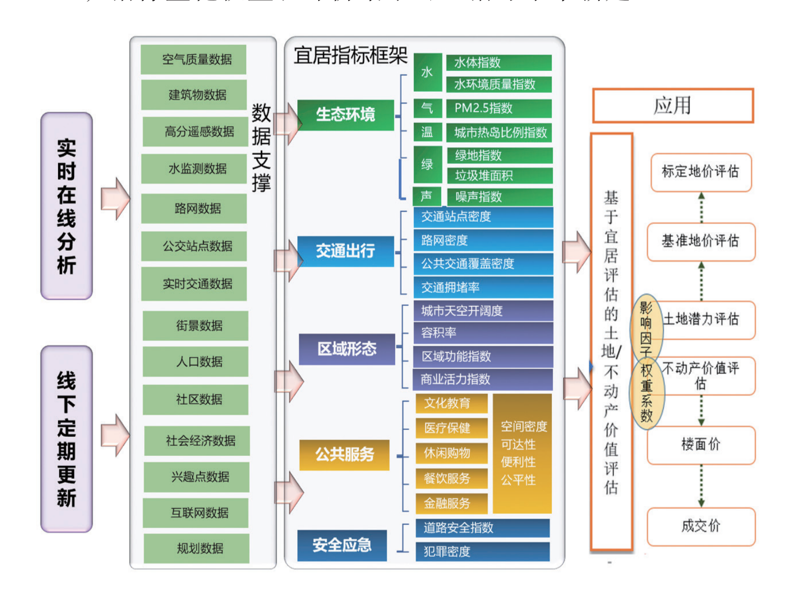


图 10　综合指标脉动分析示例

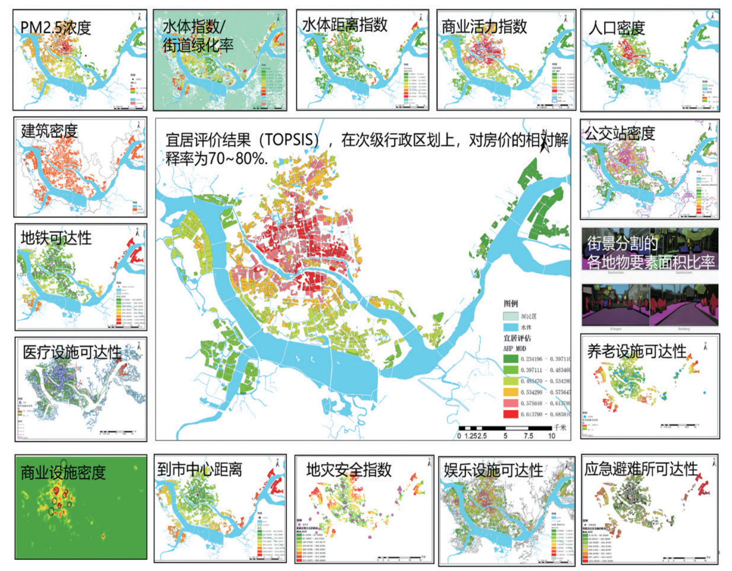


图 11　福州城区宜居评估

的土地和不动产价值预测，从而为决策者科学制定招商引资计划提供参考。

2.5 空间信息公共平台专题应用

城市专题应用是智慧城市建设成效的直接体现，需要以政府、企业和大众用户需求为导向，打造空间信息公共平台服务的模块化、精细化和宜用化，实现空间信息公共平台服务与手机、平板电脑等移动终端的实时推送与相互调用。对于政府和企业，侧重移动办公和重要事件的实时推送，如建设专题应用、微应用等模块植入办公系统等；对于公众，侧重手持移动终端实时调用，服务于日常休闲、办公等，强调公共平台与移动终端的无缝对接，以及智能信息推送等空间信息公共平台的延伸服务[10]。

我们在中新天津生态城打造了一系列基于公共平台服务的专题应用，截至2019年8月，持续为中新天津生态城建设局、环境局、经济局、城管局、财政局等多个单位的19个系统提供了138项数据和地图服务。近半年，空间信息公共平台服务被访问2.6万余次，记录近3 000万条。图12分别展示了空间信息公共平台为当地政府系统、企业公众系统和城市综合运管平台提供数据服务支撑的情况。空间信息公共平台





c



图 12　空间信息公共平台提供数据服务支撑

（a）生态城平台服务提供政府专题应用；（b）生态城平台服务提供企业公众移动终端专题应用；（c）生态城公共平台脉动分析服务支撑城市运管大平台

不仅促进了当地数据共享，节省了信息化重复建设投入，也为智慧城市集成化运行管理奠定了坚实基础。

3 经验与总结

近20年来，团队在数据共享、分析及应用服务方面的智慧城市实践过程中，摸索出一些经验并得到以下结论。

（1）数据共享需要由国家发展和改革委员会牵头，地方政府“一把手”贯彻，下属业务部门由上至下达成共识，方才迈出第一步。2017年，国家发展和改革委员会等8部门联合印发《关于促进分享经济发展的指导性意见》[17]，指出大力推动政府部门数据共享、公共数据资源开放、公共服务资源分享，这为地方政府实施数据开放共享提供了“尚方宝剑”。地方政府“一把手”将空间信息公共平台纳入城市信息化建设基础设施时，首先应考虑当地信息化建设的成熟度，对于已建、在建和未建系统采用不同的数据汇聚和共享方案；其次，要制定激励政策，将空间信息公共平台运行日志的量化指标作为政务考核或激励依据，激发政府业务部门、企业和民众参与数据共享的意愿。下属业务部门、法人个体在参与城市运行时将产生各种数据资源，其中大多涉及敏感信息。因此，数据共享前的汇聚不仅要满足国家及各部门对信息安全的要求，在技术上要保证数据入库前脱密、脱敏以及传输过程中的安全；还要在政策上制定相应的信息化技术标准、质量与安全保障体系、政策法规，让共享过程合情、合理、合法。

（2）提供定制性服务，让数据提供者同时成为数据服务的受益者和使用者，激发共享的内驱动力。政府“一把手”的贯彻力度尽管能够暂时打破共享僵局，然而决定共享是否能够持续的决定因素还在于终端用户本身。数据累计从量变到质变的过渡，取决于空间信息公共平台提供的信息增值服务是否让数据真正发挥价值。因此，对数据不能只做表面集成，而要深度融合，基于融合数据的脉动分析也只有面向实际问题，结合专题应用需求做定制化服务，用户才能基于此类服务建立更加专业、复杂的业务分析模型，通过功能和服务按需组装，快速创建出针对业务实际需求的应用系统。服务提供者同时成为使用者和受益者，形成数据利用闭环，是空间信息公共平台存在的真正意义。

（3）数据共享体现成效离不开前期的长线投入，需集成企业、政府和研究机构共同的力量。政府作为城市智慧化建设的首要践行者和牵头方，需将构建空间信息公共平台纳入到城市信息化建设的顶层设计中，并联合社会资本和研究机构实力，采取政府和社会资本合作（Public—Private—Partnership，PPP）模式，才能让空间信息公共平台在真正发挥作用前不至于半路夭折。伴随着人工智能、物联网、移动通信等技术的飞速发展，共享空间信息公共平台需集成更多新的技术和能力，拓展“智能+”，成为促进智慧城市、智慧社会发展的新动能、新引擎。

党的十九大报告提出明确提出智慧社会这一新的概念。随着智慧城市的建设任务逐步具体，任务会逐步明确，城市信息化工作也会让老百姓有更多的智慧城市的获得感。我们相信，在即将到来的智慧社会时代，人们将迎来更美好的生活。

参考文献

1 彭玲, 池天河, 姚晓婧. 智慧城市脉动分析理论与实践. 北京: 科学出版社, 2017.

2 艾瑞咨询. 2019年中国智慧城市发展报告. [2019-03-25]. http://report.iresearch.cn/report/201903/3350.shtml.

3 中华人民共和国住房和城乡建设部. 住房城乡建设部办公厅关于开展国家智慧城市试点工作的通知. [2012-11-22]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201212/t20121204_212182.html.

4 新华社. 国家新型城镇化规划（2014—2020年）.

[2014-03-17]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-03/17/content_2639873.htm.

5 国家发展和改革委员会. 关于印发促进智慧城市健康发展的指导意见的通知. [2014-08-29]. http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201408/t20140829_624003.html.

6 国家发展和改革委员会. 关于印发促进大数据发展行动纲要的通知. [2015-09-30]. http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/wzly/zcfg/201509/t20150930_753447.html.

7 池天河, 彭玲, 杨丽娜. 智慧城市空间信息公共平台. 北京: 科学出版社, 2015.

8 麦肯锡全球研究院. 智慧城市：数字技术打造宜居家园. [2018-06-13]. https://www.mckinsey.com.cn/智慧城市：数字技术打造宜居家园/.

9 全国地理信息标准化技术委员会. GBT13923-2006 基础地理信息要素分类与代码. 北京: 中国标准出版社, 2006.

10 池天河. 智慧城市天空地一体化协同观测与脉动分析. 中国建设信息化, 2016, 23: 18-21.

11 Yao X, Chen L, Wang X, et al. A framework of the urban pulsation analysis// Fuzzy Systems and Data Mining. Hualian: IOS Press, 2017: 85-93.

12 王大成, 崔绍龙, 姚晓婧, 等. 天空地一体化智慧生态城信息平台建设实践与研究. 地理信息世界, 2017, 24(4): 19-23.

13 李祥, 彭玲, 邵静, 等. 基于小波分解和ARMA模型的空气污染预报研究. 环境工程, 2016, 34(8): 110-113.

14 Li X, Peng L, Yao X, et al. Long short-term memory neural network for air pollutant concentration predictions: Method development and evaluation. Environmental Pollution, 2017, 231: 997-1004.

15 彭玲, 李祥, 徐逸之, 等. 基于时空大数据的城市脉动分析研究. 地理信息世界, 2016, 23(3): 5-12.

16 Wen C, Liu S, Yao X, et al. A novel spatiotemporal convolutional long short-term neural network for air pollution prediction. Science of the Total Environment, 2018, 654: 1091-1099.

17 国家发展和改革委员会.关于促进分享经济发展的指导性意见. [2017-07-03]. http://zfxxgk.ndrc.gov.cn/web/iteminfo.jsp?id=2816.

18 Yao X, Peng L, Chi T. A spatio-temporal geocoding model for vector data integration// The 3rd Annual International Conference on Geo-Informatics in Resource Management &Sustainable Ecosystem. Berlin: Springer, 2015: 566-577.

19 Yao X, Chen L, Peng L, et al. A co-location pattern-mining algorithm with a density-weighted distance thresholding consideration. Information Sciences, 2017, 396: 144-161.

Spatial Information Common Platform of Smart Cites: Root of Urban Data Value Blooming

YAO Xiaojing[1] WANG Zhe[2] WANG Dacheng[1] CHI Tianhe[1*] JIANG Xufeng[2] HE Zhenjian[3] TENG Qizhi[1]
CHEN Shuguang[4] CHEN Liujia[1] LI Xiang[1] YANG Lina[1] PENG Ling[1] CUI Shaolong[1] LIU Shufu[1]
(1 Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2 China-Singapore Tianjin Eco-City Administrative Committee, Tianjin 300467, China;
3 Big Data Management Center of National Land Resources, Fuzhou Land Resource Survey Center, Fuzhou 350007, China;
4 Teleware Information Technology Company Limited, Fuzhou 350003, China)

Abstract In recent years, with the rapid development of various types of sensing technology, humans have achieved unprecedented high-frequency monitoring of various types of urban data. The collection, aggregation, sharing, management, integration, analysis, application and service of multi-source data can effectively reduce the energy consumption of urban resources and improve the efficiency of urban management. It becomes the core concern of urban managers and the public. Taking the construction and related applications of the spatial information common platform of Sino-Singapore Tianjin Eco-city as an example, this paper systematically introduces the core role of the spatial information common platform in the construction of smart cities. Furthermore, the urban data system and the aggregation, collating and fusion is elaborated. Based on this common platform and these multi-source urban data, a set of single-index and comprehensive-index urban pulsation analysis methods are proposed. Finally, the future development directions of smart city practice in data sharing, analysis and application services are prospected.

Keywords smart cities, spatial information common platform, urban data system, urban pulsation analysis



姚晓婧 中国科学院空天信息创新研究院一部助理研究员。毕业于中国科学院大学，研究方向为智慧城市宜居应用技术和时空规律挖掘模型，主持和参与国家及地方重点项目14项，相关成果获国家、省/市、院级奖14项，发表科技论文32篇，申请专利14项，作为主要作者撰写专著2项。E-mail: yaoxj@aircas.ac.cn

YAO Xiaojing Received the Ph.D. degree from University of Chinese Academy of Sciences, and now serves as an Assistant Professor in Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences (CAS). Her research interests include smart city livable application technology and spatio-temporal mining model. She presided over or participated in 14 items of national or local projects, won 14 national or provincial awards, published 32 papers, applied for 14 patents and wrote 2 monographs as the main author. E-mail: yaoxj@aircas.ac.cn

* Corresponding author



池天河　中国科学院空天信息创新研究院研究员，博士生导师。中国科学院大学智慧城市协同创新与产业联盟秘书长。研究方向为智慧城市数据共享、应用技术及产业化，主持国家科技支撑计划、“863”项目、国家和省部级产业化重大项目、国家自然科学基金重大项目30余项，获中国科学院科技进步奖一等奖、国家科技进步奖2项、海南省科技进步奖一等奖、云南省科技进步奖一等奖、福建省科技进步奖一等奖等，发表科技论文200余篇。E-mail: chith@126.com

CHI Tianhe　Professor and doctoral tutor of Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences (CAS), Secretary General of the Smart City Collaborative Innovation and Industry Alliance of University of Chinese Academy of Sciences. His research interests include smart city data sharing, application technology, and its industrialization. He hosted more than 30 national science and technology support plans, 863 projects, national and provincial industrialization projects, and major projects of the National Natural Science Foundation of China. He was awarded the First Prize of Science and Technology Progress Award of the Chinese Academy of Sciences, the National Science and Technology Progress Award, the First Prize of Science and Technology Progress of Hainan Province, the First Prize of Science and Technology Progress of Yunnan Province, and the First Prize of Science and Technology Progress of Fujian Province. He has published more than 200 scientific papers. E-mail: chith@126.com

■责任编辑：张帆

参考文献（双语版）

1 彭玲, 池天河, 姚晓婧. 智慧城市脉动分析理论与实践. 北京: 科学出版社, 2017.

Peng L, Chi T H, Yao X J. Theory and Practice of Smart City Pulsation Research. Beijing: Science Press, 2017. (in Chinese)

2 艾瑞咨询. 2019年中国智慧城市发展报告. [2019-03-25]. http://report.iresearch.cn/report/201903/3350.shtml.

iResearch. China's smart cities development 2019. [2019-03-25]. http://report.iresearch.cn/report/201903/3350.shtml. (in Chinese)

3 中华人民共和国住房和城乡建设部. 住房城乡建设部办公厅关于开展国家智慧城市试点工作的通知. [2012-11-22]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201212/t20121204_212182.html.

Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Notice of the General Office of the Ministry of Housing and Urban-Rural Development on carrying out the pilot work of smart city. [2012-11-22]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201212/t20121204_212182.html. (in Chinese)

4 新华社. 国家新型城镇化规划（2014—2020年）. [2014-03-17]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-03/17/content_2639873.htm.

Xinhua News Agency. National new urbanization planning (2014–2020). [2014-03-17]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-03/17/content_2639873.htm. (in Chinese)

5 国家发展和改革委员会. 关于印发促进智慧城市健康发展的指导意见的通知. [2014-08-29]. http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201408/t20140829_624003.html.

National Development and Reform Commission. Notice on issuing the guiding opinions for promoting the healthy development of smart cities. [2014-08-29]. http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201408/t20140829_624003.html. (in Chinese)

6 国家发展和改革委员会. 关于印发促进大数据发展行动纲要的通知. [2015-09-30]. http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/wzly/zcfg/201509/t20150930_753447.html.

National Development and Reform Commission. Notice on issuing the action guidelines for promoting big data development. [2015-09-30]. http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/wzly/zcfg/201509/t20150930_753447.html. (in Chinese)

7 池天河, 彭玲, 杨丽娜. 智慧城市空间信息公共平台. 北京: 科学出版社, 2015.

Chi T H, Peng L, Yang L N. Public Platform of Smart City Spatial Information. Beijing: Science Press, 2015 (in Chinese)

8 麦肯锡全球研究院. 智慧城市：数字技术打造宜居家园. [2018-06-13]. https://www.mckinsey.com.cn/.

McKinsey Global Institute. Smart cities: digital solutions for a more livable future. [2018-06-13]. https://www.mckinsey.com.cn/. (in Chinese)

9 全国地理信息标准化技术委员会. GBT13923-2006 基础地理信息要素分类与代码. 北京: 中国标准出版社, 2006.

Nation-wide Technical Standardization Committee of Geographic Information. GB/T 13923-2006 Specifications for Feature Classification and Codes of Fundamental Geographic Information. Beijing: Standards Press of China, 2006. (in Chinese)

10 池天河. 智慧城市天空地一体化协同观测与脉动分析. 中国建设信息化, 2016, (23): 18-21.

Chi T H. Integrated space-air-ground observation and pulsation analysis of smart cities. Informatization of China Construction, 2016, (23): 18-21. (in Chinese)

11 Yao X, Chen L, Wang X, et al. A framework of the urban pulsation analysis// Fuzzy Systems and Data Mining. Hualian: IOS Press, 2017: 85-93.

12 王大成, 崔绍龙, 姚晓婧, 等. 天空地一体化智慧生态城信息平台建设实践与研究. 地理信息世界, 2017, 24(4): 19-23.

Wang D C, Cui S L, Yao X J, et al. Practice and research on intelligent information platform of eco-city construction based on integration with sky, space and earth. Geomatics World, 2017, 24(4): 19-23. (in Chinese)

13 李祥, 彭玲, 邵静, 等. 基于小波分解和ARMA模型的空气污染预报研究. 环境工程, 2016, 34(8): 110-113.

Li X, Peng L, Shao J, et al. Air pollution forecast based on wavelet decomposition and Arma model. Environmental Engineering, 2016, 34(8): 110-113. (in Chinese)

14 Li X, Peng L, Yao X J, et al. Long short-term memory neural network for air pollutant concentration predictions: Method development and evaluation. Environmental Pollution, 2017, 231: 997-1004.

15 彭玲, 李祥, 徐逸之, 等. 基于时空大数据的城市脉动分析研究. 地理信息世界, 2016, 23(3): 5-12.

Peng L, Li X, Xu Y Z, et al. Urban pulsation research based on spatio-temporal big data. Geomatics World, 2016, 23(3): 5-12. (in Chinese)

16 Wen C C, Liu S F, Yao X J, et al. A novel spatiotemporal convolutional long short-term neural network for air pollution prediction. Science of the Total Environment, 2019, 654: 1091-1099.

17 国家发展和改革委员会.关于促进分享经济发展的指导性意见. [2017-07-03]. http://zfxxgk.ndrc.gov.cn/web/iteminfo.jsp?id=2816.

National Development and Reform Commission. Guiding opinions on promoting the development of the sharing economy. [2017-07-03]. http://zfxxgk.ndrc.gov.cn/web/iteminfo.jsp?id=2816. (in Chinese)

18 Yao X J, Peng L, Chi T H. A spatio-temporal geocoding model for vector data integration// The 3rd Annual International Conference on Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem. Berlin: Springer, 2016: 566-577.

19 Yao X J, Chen L J, Peng L, et al. A co-location pattern-mining algorithm with a density-weighted distance thresholding consideration. Information Sciences, 2017, 396: 144-161.